

INTERFEROMETER

Publication number: JP2001153605 (A)

Publication date: 2001-06-08

Inventor(s): BEHREN JENS VON; HAUGER CHRISTOPH; HOELLER FRANK

Applicant(s): ZEISS CARL FA

Classification:

- International: G01B9/02; G01J3/453; G01B9/02; G01J3/46; (IPC1-7): G01B9/02

- European: G01B9/02; G01J3/453

Application number: JP20000310386 20001011

Priority number(s): DE19991049760 19991015

Also published as:

EP1092943 (A1)

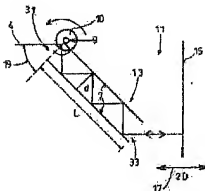
EP1092943 (B1)

DE19949760 (A1)

Abstract of JP 2001153605 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a device that can change the distance quickly and widely which a reference light beam travels across.

SOLUTION: This interferometer 1 comprises a reference branching paths 5, 105 and measuring branching paths 3, 103. The reference branching paths 5, 105 have two reflecting surface 7, 113 facing each other. The reflecting surface 7, 113 are rotated around rotational shafts 9, 111 while holding their relative arrangement positions.



(19) 日本特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-153605

(P2001-153605A)

(43) 公開日 平成13年6月8日(2001.6.8)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

データベース(参考)

G 0 1 B 9/02

C 0 1 B 9/02

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-310396(P2000-310396)

(22) 出願日 平成12年10月11日(2000.10.11)

(31) 優先権主張番号 19949760.5

(32) 優先日 平成11年10月15日(1999.10.15)

(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 39103:991

カール・ツァイス・ステファツング

CARL ZEISS

ドイツ連邦共和国 89518・ハイデンハイム

ム アン デア プレンツ (所在地なし)

(72) 発明者 イェンズ・フォン・バーレン

ドイツ連邦共和国・86633・ノイブルク

/ドナウ・ウンテル シャンツェ・284

1/5

(74) 代理人 100064621

弁理士 山川 政樹

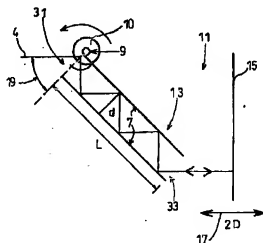
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 干渉計

(57) 【要約】

【課題】 参照光線が路破する距離を迅速且つ広範囲に変化させることのできる装置を提供することである。

【解決手段】 参照分岐路(5, 105)と測定分岐路(3, 103)とを備えた干渉計装置(1)。参照分岐路(5, 105)は互いに対向しあっている2つの反射面(7, 113)を有している。反射面(7, 113)を、その相対配置位置を維持しながら回転軸(9, 111)のまわりに回転させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 参照分岐路と測定分岐路とを備え、参照分岐路が互いに向向しあっている2つの反射面を有している干渉計において、反射面（7，107）を、その相対配置位置を維持しながら回転軸（109）のまわりに回転させるようにしたことを特徴とする干渉計。

【請求項2】 反射面（7，113）に回転駆動部（111）が付設されていることを特徴とする請求項1に記載の干渉計。

【請求項3】 反射面（7，113）が少なくとも90%の反射率を有していることを特徴とする請求項1に記載の干渉計。

【請求項4】 反射面が互いに向向しあって一定の間隔で配置され、且つ互いに平行に配置されている干渉計において、反射面（7，113）によって光線誘導体（13）が形成され、光線誘導体（13）は前部開口部（31）と後部開口部（33）とを有し、回転軸（9）が前部開口部（31）の領域に配置されていることを特徴とする上記請求項のいずれか1項に記載の干渉計。

【請求項5】 光線誘導体（13）が回転軸（9）と固定結合されていることを特徴とする上記請求項のいずれか1項に記載の干渉計。

【請求項6】 反射面（7，113）にエンドミラー（15，115）が付設され、エンドミラー（15，115）は、光線誘導体（13）にカップリングされる参照分岐路（5，105）またはミラー（113）の間で反射させられる参照分岐路（5，105）の光線に対し垂直に配置されていることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の干渉計。

【請求項7】 エンドミラー（15，115）を並進運動させることができることを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の干渉計。

【請求項8】 エンドミラー（15，115）が、少なくとも調整距離（17，117）2×Dだけ、カップリングされるべき光線に対し垂直に走行可能であり、ここでDは反射面（7，113）の間の最大間隔であることを特徴とする上記請求項のいずれか1項に記載の干渉計。

【請求項9】 エンドミラー（15，115）が無段階に走行可能であることを特徴とする上記請求項のいずれか1項に記載の干渉計。

【請求項10】 部品の位置を決定するための装置において、装置が上記請求項のいずれか1項に記載の回転ミラー装置（2，102）を含んでいることを特徴とする装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、参照分岐路と測定分岐路とを備え、参照分岐路が互いに向向しあっている2つの反射面を有している干渉計に関する。

【0002】

【従来の技術】 米国特許第5270789号公報からは、測定分岐路と参照分岐路とを備えた干渉計装置が知られている。参照分岐路内には、参照光線の光路長を変化させるための別の干渉計が設けられている。たとえば、マイケルソン干渉計の参照分岐路内にファブリ・ペロー干渉計が配置される。このファブリ・ペロー干渉計により、測定光線と重畳されるべき参照光線が多数の光束を有することになる。これら多数の光束には、ファブリ・ペロー干渉計内の反射部の数量に依存してそれぞれ異なる光路が割り当てられる。測定光線と参照光線とは重畳され、その際付設の検出器により干渉現象を検出することができる。検出された干渉現象の強度に依存して、参照光線の干渉光束の次数を推定でき、よって、参照光線の該当する光束の光路を推定することができる。参照分岐路の個々の光束は、次の次数に対し、階級した光路の光路差が一定である。干渉現象を発生させるため、測定分岐路内には、並進運動可能なミラーが配置されており、このミラーは、少なくとも、参照光線の2つの次数の間の前記一定の光路差だけ走行可能である。

【0003】 この装置の欠点は、個々の光束の強度が次数の増大に伴って著しく減少し、これにより、参照分岐路の光束によってカバーされる、異なる光路長の範囲が制限されていることである。次数の高い参照光線の光束で干渉現象を検出するには高感度のセンサ装置が必要である。個々の干渉現象の強度差は隣接する構造の次数が増大するに伴って非常に小さくなる。その結果、許容できるような測定範囲をカバーするには、SN比を改善するための付加的な装置を必要とすることがある。

【0004】 さらに、参照光線が階級する距離を変えるための走行可能な反射器を参照分岐路内に有している干渉計装置が知られている。この装置の欠点は、このミラーの走行速度がかなり制限されていることである。したがって、許容時間内でわずかな距離差しか実現できず、或いは、大きな距離範囲を操作するために比較的に長い走査時間を考慮に入れねばならない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の課題は、参照光線が階級する距離を迅速且つ広範囲に変化させることのできる装置を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明のこの課題は、請求項1に記載された構成によって解決される。すなわち、相対配置位置を維持しながら回転軸のまわりに回転可能であるような反射面を参照分岐路内に配置したことを特徴とするものである。それによって、本発明は参照分岐路の光路長を広範囲にわたって短時間で変化させることができる。反射光線が1つの反射面に最初に入射したときに反射面と成す角度に依存して、反射面の間で反射する回数が増加する。したがって、参照光線が階級

する距離が変化する。

【0007】これら反射面を回転駆動させる回転駆動部が反射面に付設されているのが有利であることが明らかとなった。特に、評価に伴うコストを少なくするには、角速度一定の駆動部も必要である。

【0008】反射面が少なくても90%の反射率、有利には99%の反射率を有しているのが有利であることが明らかとなった。これにより、参照光線の強度が両反射面の間の反射の回数に依存してわずかに減少することが保証される。これにより、反射面の間の反射の回数が多いときの参照光線は、反射面の間に入射する前の参照光線に比べて強度がわずかに減少することが保証される。

【0009】反射面を互いに対向させて間隔Dで互いに平行に配置するのが有利なことが明らかとなった。反射面の間隔Dが一定であることにより演算の手間が少なくなる。なぜなら、特に次数が高い場合、反射面によって形成される光線誘導体に入射する際の入射角に依存して次数間の距離差が2×Dになるからである。近似的には、入射角のコサインはほぼ1であると想定される。これは特に、入射光線と反射面の法線との成す角度が小さい場合に適用され、すなわち参照光線の踏破すべき距離範囲が長い場合に對して適用される。

【0010】反射面によって形成される光線誘導体の前面開口部の領域に回転軸を配置するのが有利であることが明らかになった。これにより、大きな角度範囲にわたっての参照光線の光線誘導体へのカップリングを保證することができ、しかも参照光線の光路の延在態様を適合させる必要がない。入射角により、反射面の間での反射回数または光線誘導体内での反射回数が決まる。したがって、参照光線が踏破する光学的距離が広範囲に変化する。

【0011】光線誘導体が回転軸と固定結合されているのが有利であることが明らかになった。

【0012】有利な実施の態様では、反射面にエンドミラーが付設されている。このエンドミラーは、光線誘導体に入射する前の参照光線に対し垂直に配置されている。これにより、光線誘導体から出た光線がエンドミラーで反射することによって戻り反射することが保証される。光線誘導体の角速度が小さければ、エンドミラーで反射した参照光線は光線誘導体を通るほぼ同じ光路を戻る。

【0013】エンドミラーが並進走行可能であることが有利であることが明らかとなった。その結果、参照分岐路内での光路を無段階に変化させることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】次に、いくつかの実施の形態に關し本発明を詳細に説明する。

【0015】図1に示される干渉計装置1は、白色光を発する光源25を有している。光源25から発せられる

光線26は、光路内に角度を持って配置されているビームスプリッター27に入射し、そのビームスプリッター27により、光源25から発せられた光線は分割されて、その部分光線は測定分岐路3と参照分岐路5に分けられる。ビームスプリッター27は45°の角度で光路内に配置されているのが有利である。参照分岐路5に分割された光線は、図2を用いて詳細に後述する回転ミラー装置2を通過し、参照分岐路5の光路に対し垂直に配置されているエンドミラー15で反射する。反射した光線はもう一度回転ミラー装置2を通過して、再びビームスプリッター27に入射する。その際ビームスプリッターを通過した光線部分は検出器29に入射する。この検出器29には、測定分岐路3から戻ってきてビームスプリッター27で反射した光線も入射する。

【0016】次に図2を用いて、回転ミラー装置2の実施の形態を詳細に説明する。この回転ミラー装置2は反射面7を有している。この反射面7によって光線誘導体13が形成され、ミラーシステム11を形成している。個々の反射面7はそれぞれ長さ1の縦方向延在部を有し、互いに平行に間隔Dで配置されている。反射面7は互いに向き合うように配置されている。反射面7の間にガラスが配置されていないことにより、屈折作用が回避される。反射面7の1つは回転軸9と固定結合され、回転軸9は回転駆動部10により回転駆動可能である。回転駆動部10を制御することによって、反射面7によって形成されているミラーシステム11が回転させられるが、その際個々の反射面7の相対位置は変化しない。これらの反射面7には、参照分岐路5の光線4に対し垂直に配置されたエンドミラー15が付設されている。光線4は反射面7によって形成されているミラーシステム11にカップリングされ、その際ミラーシステム11から射出する光線はカップリングされた光線4に対し平行に延び、エンドミラー15は、2×D以上の走行長さだけ参照分岐路5の光線5の方向へ並進的に走行可能である。エンドミラー15はたとえば検流計により駆動することができる。通常の構造の検流計は1cmの最大調整距離7を可能にするので、反射面7は最大で5mmの相互間隔で配置される。並進操作を設けることにより、エンドミラー15の20cmの最大調整距離が達成可能である。

【0017】図3と図4は、反射板7の反射率が99%であると想定して、回転ミラー装置2を両方向に通過した後の光線の強度をグラフ化したものである。さらに、次数と、参照光線が踏破する光学的距離と、回転ミラー装置からビームスプリッターの方向へ離れる参照光線の強度とが図示されている。

【0018】図4は、図3の12°ないし30°の入射角範囲19の部分拡大図である。光学的距離の、次数が線路上にある部分の間でただ1つの回転ミラー装置2によりカバーされない範囲は、調整距離17を持ったエン

ドミラー15の走行能により提供される。 $\cos \alpha \approx 1$ の近似を想定できない角度範囲に対しては、踏破した光学的距離を算出する際に角度を一緒に取り込まねばならない。これから、エンドミラーは個々の反射面の間隔の2倍以上走行可能でなければならぬという結論になる。光学的距離に対しては、

$$【0019】SS(\Psi) = 2 * (S(\Psi) * n(\Psi) + L * (1 - \sin(\Psi)))$$

が適用される。

【0020】したがって強度に対しては、

$$【0021】I(\Psi) = 0.992^{n(\Psi)+1}$$

が適用される。

【0022】図5を用いて、上述した干渉計装置により部品の位置決めを実施可能にする装置について説明する。装置に関する説明に引き続いて、位置決定のための方法を詳細に説明する。

【0023】干渉計装置101を用いて位置決定するための装置100は、光源123として超発光ダイオード125を有している。超発光ダイオード125は白色光源である。超発光ダイオード125から発せられた光線はファイバオプティックス107にカップリングされる。ファイバオプティックスとしては単一モードファイバであることが望ましい。ファイバオプティックス107は、ファイバオプティックス内部に導入された光線が踏破した距離が既知であるように選定されている。このファイバヘカップリングされた光線はファイバオプティックス107を介してミクサー127に達し、このミクサー127によりこの光線は一方が測定分岐路103にカップリングされ、他方は参照分岐路105にカップリングされる。

【0024】測定分岐路103にカップリングされた光線は、再びファイバオプティックス107を介して送信器133へ導かれる。送信器133はこの光線を球面波137として発信する。この送信器133には、位置決定される部品が固定結合され、或いは、位置決定される部品と一定関係にある付設の部品が固定結合されている。送信器133には反射球135が付設されており、送信器133から発信された球面波137の一部分がこの反射球135によって反射され、有利には、反射球135に当たった光線は該反射球135によって合焦される。反射した光線は送信器133（同時に受信器134でもある）によって再び測定分岐路103のファイバオプティックス107にカップリングされる。そして再びミクサー127に達する。

【0025】反射球135の代わりに受信器を設けて、受信した光線をミクサー127に供給するようにしてもよい。

【0026】参照分岐路105にカップリングされた光線は、ファイバオプティックス107を介して、すでに述べた回転ミラー装置2に対応する回転ミラー装置1

02にカップリングされる。この回転ミラー装置102は回転軸109を有しており、回転ミラー装置102のミラー113は付設の駆動部110によって回転駆動させられる。回転ミラー装置102を回転駆動するために設けられている駆動部111は、制御装置130によって制御される。回転ミラー113から出射する光線は、回転ミラー装置102にカップリングされる光線に対し垂直に配置されている付設のエンドミラー115に入射し、このエンドミラー115によって反射させられる。このエンドミラー115は付設の駆動部117、有利には検流計119により並進駆動可能である。この付設の駆動部117により、回転ミラー装置102の互いに平行に配置されているミラー113の間隔の2倍の往復運動が少なくとも1回保証される。エンドミラー115のその都度の位置は、信号線121（この信号線により前記駆動部117も制御可能である）を介して評価装置131へ送られる。駆動部117の制御は、駆動部111の制御と同様に制御装置130により行なわれる。制御装置130を、評価装置131を備えたユニットとして構成してもよい。

【0027】エンドミラー115によって反射させられた光線は、ミラー113を介して再び参照分岐路105のファイバオプティックス107にカップリングされ、このファイバオプティックス107を介して再びミクサー127へ達する。ミクサー127では、測定分岐路103から戻ってきた光線が参照分岐路105から戻ってきた光線と重畳される。ミクサー127には検出器129が付設されており、この検出器129により重畳光線の干渉が検出される。検出した干渉現象から、送信器133から反射球135への走行時間および反射球135から送信器133へ戻るまでの走行時間を導出することができる。少なくとも4個の反射球135を設けるのが有利であり、このようにすると、それらの信号から、決定されるべき部品の位置を正確に検出することができる。回転ミラー装置102により、位置決定されるべき部品が存在することのできる範囲は、参照分岐路内で光線が踏破すべき距離を対应的に生じさせることによって常時スキャンされる。

【0028】参照分岐路105内のファイバオプティックスに基づく光学的距離と測定分岐路103内のファイバオプティックスに基づく光学的距離との約1倍は、送信器133で反射して戻った光線、したがってファイバオプティックス107を離れなかった光線を用いて調べられ、或いは調整される。

【0029】送信器133から発せられる球面波137（優先方向を持たせて、球面波の振幅が立体角に依存して変化するようにしてもよい。このようにすると、検出した走行時間信号と干渉現象の強度に基づいて、送信器133から反射球135までの距離以外に、送信器133に対して反射球135が存在する立体角をも推定する

ことができる。

【0030】放射された球面波137が優先方向を持っている場合の強度を考慮することにより、所定の空間内で位置決定されるべき部品の位置を3個の反射球135を用いて一義的に決定することができる。位置決定されるべき部品の正確な位置または送信器133の正確な位置を決定するために必要な反射球135の数を最小にするには、これら反射球135を非対称に配置するのが有利であることが判明した。

【0031】位置決定されるべき部品のおおよその位置が既知である場合、上記のような干渉計装置101を正確な位置決定のために使用することもできる。

【0032】図6には、検出された干渉現象の可能な信号順序が概略的に示されている。信号L1は1で示した反射球135によるものである。時間的に最初に検出された干渉結果L1は、送信器133と反射球135の間の最短距離に対応している。反射球135と送信器133の間の距離に対応して、個々の干渉結果が時間的な順序で検出される。

【0033】局所的な位置決定のための装置内に回転ミラー装置2、102を使用することは1つの可能な使用態様である。回転ミラー装置はこのような使用態様に限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】干渉計装置を示す図である。

【図2】回転ミラー装置を示す図である。

【図3】強度と反射回数との関係を示すグラフである。

【図4】図3の拡大図である。

【図5】干渉計装置を用いた位置決定の説明図である。

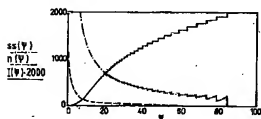
【図6】信号順序を示す概略図である。

【符号の説明】

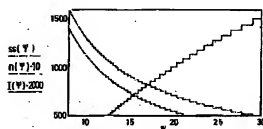
- 1 干渉計装置
- 2 回転ミラー装置
- 3 測定分岐路
- 4 光線
- 5 参照分岐路
- 7 反射面

- 9 回転軸
- 10 回転駆動部
- 11 ミラーシステム
- 13 光線誘導体
- 15 エンドミラー
- 17 調整距離
- 19 入射角
- 25 光源
- 26 光線
- 27 光線誘導体
- 29 検出器
- 31 前部開口部
- 33 後部開口部
- 100 局所的に位置決定するための装置
- 101 干渉計装置
- 102 回転ミラー装置
- 103 測定分岐路
- 105 参照分岐路
- 107 ファイバーオプティックス
- 109 回転軸
- 111 駆動部
- 113 ミラー
- 115 エンドミラー
- 117 駆動部
- 119 検流計
- 121 信号線
- 123 光源
- 125 超発光ダイオード
- 127 ミクサー
- 129 検出器
- 130 制御装置
- 131 評価装置
- 133 送信器
- 134 受信器
- 135 反射球
- 137 球面波

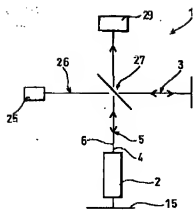
【図3】



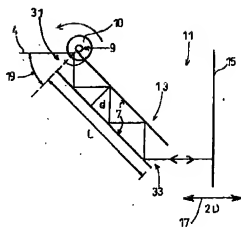
【図4】



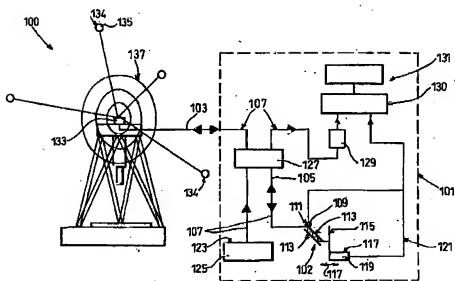
【图1】



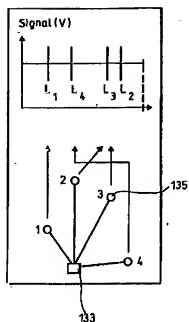
【图2】



【图5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 クリストフ・ハウガー
ドイツ連邦共和国・73431・アーレン・ヘ
ーゲルシュトラッセ・146

(72)発明者 フランク・ヘラー
ドイツ連邦共和国・73434・アーレン・ミ
ランヴェク・25